

## BEST AVAILABLE COPY

## (54) HEAT TRANSFER TUBE

(11) 62-242795 (A) (43) 23.10.1987 (19) JP

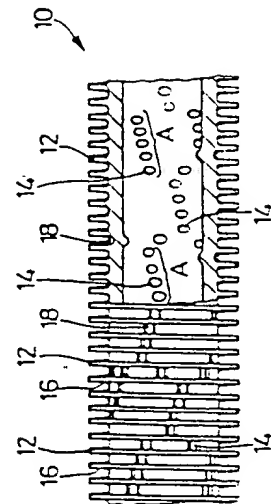
(21) Appl. No. 61-86673 (22) 15.4.1986

(71) SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD (72) CHIYOJI WAKAMATSU

(51) Int. Cl. F28F1/42

**PURPOSE:** To improve the heat transfer rate of the tube inner side of the heat transfer tube by forming on the tube inner surface a plurality of inner surface projections at tube inner surface positions corresponding to grooves between outer surface fins, and specifying the number, interval and lead angle of the inner surface projections, in the heat transfer tube in which spiral outer surface fins are formed integrally.

**CONSTITUTION:** Spiral outer surface fins 12 are integrally formed on the tube outer peripheral surface of a heat transfer tube 10 at a predetermined pitch. A plurality of inner surface projections 14 are formed on the tube inner peripheral surface of the heat transfer tube 10. The inner surface projections 14 are formed on the tube inner peripheral surfaces corresponding to grooves 16 between surface fins under a relatively coarse state and further two or more different inter-projection distances, and in a rate of 2~7 projections per periphery of grooves 16 of the tube outer surface. The lead angle with respect to the tube axis direction in a continuance portion of the inner surface projections 14 is  $5^{\circ} \sim 40^{\circ}$ . Extremely complicated and delicate turbulent flows are generated thereby, and the retaining zone of the fluid is effectively reduced and interfacial membranes which are liable to be formed in the vicinity of the tube inner peripheral surface can be effectively broken thereby to increase the tube inner surface heat transfer rate.



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-242795

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>  
F 28 F 1/42識別記号 庁内整理番号  
6748-3L

⑬ 公開 昭和62年(1987)10月23日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 伝熱管

⑰ 特 願 昭61-86673

⑱ 出 願 昭61(1986)4月15日

⑲ 発 明 者 若 松 千 代 治 名古屋市港区千年3丁目1番12号 住友軽金属工業株式会社技術研究所内

⑳ 出 願 人 住友軽金属工業株式会 東京都港区新橋5丁目11番3号  
社

㉑ 代 理 人 弁理士 中島 三千雄 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

伝熱管

## 2. 特許請求の範囲

管外周面に管材料からなる螺旋状の外周フィンが一体的に形成されてなる伝熱管にして、管内周面に複数の内面突起が前記外周フィンの間の溝部に対応する管内面位置において形成されていると共に、該内面突起が、前記溝部の1周当り2～7個の割合において且つ2つ以上の異なる突起間距離において設けられている一方、それら内面突起が管内周面において不連続状態で且つ管軸に対するリード角が5°～40°となるように配列されていることを特徴とする伝熱管。

## 3. 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は、伝熱管に係り、特に凝縮伝熱管として好適に用いられるローフィン管やミドルフィン管などの伝熱管の伝熱性能を効果的に向上せしめ得る構造に関するものである。

(従来技術)

一般に、伝熱管は、管内に流通せしめられる伝熱流体と管外面に接触せられる伝熱流体との間で熱のやり取りが行なわれるものであるが、従来から、そのような伝熱管の一つとして、管外周面に螺旋状のフィンを形成せしめたローフィン管やミドルフィン管、或いはそのようなフィン管の内周面に螺旋状のリブを設けた内面リブ付き伝熱管などが明らかにされている。

ところで、管内が平滑な伝熱管においては、管内周面に伝熱効率の悪い伝熱流体境界膜が生じ易いが、内面リブ付きの伝熱管では、その内面リブにより流体の流れが旋回せしめられることによって形成される旋回流により、比較的境界膜が形成されにくく、管内面の熱伝達率を向上させる上で有効とされている。しかしながら、そのような旋回流によっても層流に近似した液体の流れが依然として残り、それ故境界膜の問題が解消され得た訳ではなく、内面の熱伝達を促進する上にも限界があったのである。

このため、本願出願人は、先に、特開昭60-29594号公報において、管外周面に管材料からなる螺旋状の外表面フィンが一体的に形成された伝熱管において、その外表面フィンの溝部に対応する管内周面に、スパイラル状に配列された複数の内面突起が形成されてなる構造の伝熱管を明らかにした。このような構造の伝熱管にあっては、管内を流通せしめられる伝熱流体が複数の内面突起を乗り越え、或いはかかる内面突起によって流れの方向が変えられる際に、微妙な乱流が生じ、そしてこの管内面に近接した流れの変化によって、管内周面付近に生じ易い境界層が効果的に破壊され得ることとなるのであり、その内面の熱伝達率がより有効に向上され得るのである。

そして、一般に、このような構造の伝熱管における内面突起は、比較的密に配置され且つスパイラル状に配列されることとなる。具体的には、通常、管外面の溝部1周当り8~13個程度の数量をもって、その高さが0.5~1mmで且つ管軸に対して20~60°のリード角を有するスパイラル

景として、特に、そのような流体流速の増大に起因する熱伝達率の低下が、流体の流れに対する内面突起の後方部に流体の滞溜域が生じ、その結果熱抵抗が増大するために惹起されるものであることを究明したことに基づいて完成されたものである。

そして、本発明の特徴とするところは、管外周面に管材料からなる螺旋状の外表面フィンが一体的に形成されてなる伝熱管において、管内周面に複数の内面突起が前記外表面フィンの間の溝部に対応する管内面位置において形成されていると共に、該内面突起が、前記溝部の1周当り2~7個の割合において且つ2つ以上の異なる突起間距離において設けられている一方、それら内面突起が管内周面において不連続状態で且つ管軸に対するリード角が5°~40°となるように配列されていることにある。

#### (発明の効果)

すなわち、本発明に従う構造とされた伝熱管にあっては、その管内周面において、形成される内

面の配列形態において形成されることとなる。

#### (問題点)

ところで、上述の如き、その内周面に多数の内面突起がスパイラル状に形成されてなる構造の伝熱管において、本発明者らが、更なる実験、検討を重ねた結果、このような伝熱管にあっては、その内側に強制循環される流体の流速によって、管内側の圧力損失(水頭損失)および熱伝達率が、それぞれ、内面突起が設けられていないものに比して、約2~3倍および0.3~2倍程度の値の範囲内で、バラツキをもって発現されることが明らかとなった。そして、特に、管内の流体の流速が大きい場合にあっては、管内側圧力損失が増大すると共に、管内側熱伝達率が低下するために、所期の効果が十分に達成され得ないといった問題点を内在していることが見い出されたのであり、上述の如き伝熱管は、この点において未だ改良の余地を有していたのである。

#### (解決手段)

ここにおいて、本発明は、上述の如き事情を背

面突起の幾らかのものからなる連続部が、管軸方向における外面の複数の溝部に亘って、全体としては不連続状態で、部分的に形成されるものであり、またこの内面突起の連続部は、管軸に対して5°~40°のリード角を有する配列形態をもって形成されることとなるところから、従来の如き等間隔の内面突起を有するものに比して、その管内により一層複雑且つ微妙な乱流が発生され得るのであり、また内面突起による流体の滞溜域が効果的に減少されると共に、内面突起の前縁効果が有効に発揮され得るのである。

また、本発明に従えば、かかる内面突起が、外表面フィンの溝部の1周当り2~7個の割合で形成されることとなるのであり、それによって管内側圧力損失をそれ程上げることなく、管内側熱伝達率を効果的に向上させることが可能となるのである。

#### (実施例)

以下、本発明を更に具体的に明らかにするために、本発明に従う構造とされた実施例について、

図面を参照しつつ詳細に説明することとする。

先ず、第1図は、本発明に従う構造とされた伝熱管の一例を示す一部切欠図であり、そこにおいて、10は、銅などの熱伝達率の良い金属からなる伝熱管である。そして、かかる伝熱管10の管外周面には、管壁から移動した管材料からなる螺旋状の外面フィン12が、所定ピッチで一体的に設けられている。

一方、かかる伝熱管10の管内周面には、複数の内面突起14が形成されている。これらの内面突起14は、外面フィン12の間の溝部16に対応する管内周面において形成され、且つかかる内面突起14の位置する溝部16の底部部分が凹所(ディンプル)18とされている。即ち、この場合には、凹所18が形成されることにより、そこに対応する管内面が楕円丘状に突出せしめられて、内面突起14が形成されているのである。

従って、このように螺旋状の溝部16に沿って内面突起14が形成される結果、それら内面突起14は、管内周面において外面フィン12の溝部

16に沿ってスパイラル状に配列することとなるが、第1図から明らかなように、それら内面突起14は、比較的疎な状態で且つ2つ以上の異なる突起間距離をもって形成されていることから、実質的には、溝部16に沿ったスパイラル状は呈しておらず、管軸方向における複数の溝部16間に亘って互いに隣接して形成された複数の内面突起14が、所定のリード角をもって連続して配置されてなる、部分的な連続部Aを有する配列形態を呈しているのである。

すなわち、このように形成される内面突起14は、第1図に示されているように、互いに独立した連続部Aを形成しているものであり、換言すればそれぞれの連続部Aが、管軸方向に直列することなく所定のリード角をもって且つ他の連続部Aに対して不連続状態で配列されているのである。なお、その内面突起14の全てが、連続部Aを構成している必要はなく、管内周面を全体として見たときに、該内面突起14の主とする連続部Aが、所定のリード角をもって形成されておればよく、

例えば、第2図に示されている如き配列形態も採用することができる。

このように、管外周面の溝部16とは異なるリード角を有する内面突起14の配列形態を得るに際して、その連続部Aにおける管軸方向に対するリード角が $5^{\circ} \sim 40^{\circ}$ となるようにされることとなる。そして、その連続部Aが、この範囲内のリード角を有する限り、1つの伝熱管において、複数の連続部Aに対して、それぞれ異なるリード角を設定することも可能である。

また、かかる内面突起14の管内周面からの突出量が余りにも大きくなると、管内を流通せしめられる流体の圧力損失(水頭損失)が大きくなるため、内面突起14の高さや数は、余りにも大きな圧力損失を招かない程度に定められるべきである。このため、内面突起14の大きさは、一般に、その突出高さが0.2~0.7mm前後、また突起長手方向の長さが1~5mm前後において、適宜定められることとなる。そして、特に、内面突起14の形成数にあっては、余りにも多いと管内側圧力損

失の増加を招き、逆に余りにも少ないと熱伝達率の低下を招くこととなるところから、その形成数は、管外面の溝部16の1周当り2~7個の割合をもって形成されることとなる。

そして、このような内面突起14を有する伝熱管10にあっては、管内を流通せしめられる伝熱流体の流れに対して、該内面突起14の連続部によって螺旋状の流れ作用が加えられ、また内面突起14を乗り越えてそれを通過する際に該流体に攪拌作用が加えられることとなるのであり、そしてこれに加えて、かかる内面突起14の連続部が、それぞれ独立して不連続的に形成されていることから、流れの攪拌作用が促進され得ると共に、それぞれの連続部の最上流側に位置せしめられた内面突起14による流れの左右方向への分流作用および攪拌作用などの前縁効果が効果的に発揮され得ることとなり、それによって極めて複雑且つ微妙な乱流が発生され、流体の滞留域が効果的に減少され得ると共に、管内周面付近に形成され易い境膜が効果的に破壊され得、以て管内面熱伝達率

が有効に高められるのである。

また、このような内面突起14は、前述の如く、溝部16の1周当り2〜7個の割合において、比較的疎な状態で形成されることとなるところから、流速の大きな流体にあっても、圧力損失がそれ程増大されることなく、より一層の伝熱性能の向上が有効に図られ得るのであり、流体循環のための必要動力も効果的に低減され得ることとなる。

ところで、上記の第1図乃至第2図に示されている如き伝熱管は、前記特開昭60-29594号公報において明らかにされている如き手法に準じて、例えば、第3図に示されている如き方法によって容易に製造することが可能である。

すなわち、第3図において、20は、漸次径が増大する複数のフィン形成ディスクであり、外面フィン12のピッチを与える間隔で軸22によって同心的且つ一体的に連結されており、更に最も大径のフィン形成ディスク20の外側には、それと同心的に鋸歯状ディスク24が軸22に取り付けられている。

従う構造を有する伝熱管を製造するに際しては、鋸歯状ディスク24の形状を、得られる伝熱管における内面突起が、目的とする配列形態において形成され得るように設定すればよいのであり、具体的な形状は、伝熱管10の外形や鋸歯状ディスク24の外形および目的とする内面突起14の配列形態などに応じて適宜設定されるものであるが、本発明に従う構造とされた伝熱管を得るためには、該鋸歯状ディスク24における鋸歯28は、例えば第4図に示されているように、比較的疎な状態で且つ少なくとも2つ以上の異なる間隔をもって形成されることとなる。

因みに、本発明に従う構造とされた伝熱管と従来の伝熱管とにおいて、伝熱性能（熱通過率）および管内圧力損失を比較するために、第1表に示されている如き形状のミドルフィン管を用い、管内水量を3ℓ/min、5ℓ/min及び7ℓ/minに設定した、それぞれの場合において実験を行ない、そして管内水量が3ℓ/min及び7ℓ/minとした場合の結果を第2表に、更に管内水量を5

このようにフィン形成ディスク20および鋸歯状ディスク24が取り付けられた軸22が、目的とする伝熱管を与える素管26の外周面に対して所定の角度をもって配置されているのであり、また素管26の内側には、各フィン形成ディスク20には対向するが鋸歯状ディスク24には対向しない状態で、プラグ27が挿入されている。なお、図示はされていないが、かかる素管26の周りには、該軸22と同様に、複数のフィン形成ディスク20を備えた軸が、それぞれ素管26の中心線に対して、形成されるべき外面フィン12のリード角に相当する角度をもって配設されている。

そして、かかる状態で、軸22を介してフィン形成ディスク20および鋸歯状ディスク24を回転させつつ、素管26の外周面に対して押圧せしめることにより、かかる素管26の外周面に所定高さの外面フィン12と凹所18（内面突起14）が順次管軸方向に転造形成されることとなるのである。

すなわち、このような製造手法により本発明に

ℓ/minとした場合における、管外面の溝部1周当りのディンプル（内面突起）数と対数平均温度当り交換熱量（ $Q_w / \Delta t_m$ ）の関係を第5図に、それぞれ示した。

なお、かかる実験に際しては、それぞれのミドルフィン管を、全長が2.8mのミドルフィンチューブコイルに加工した熱交換器を用い、また管内には温水を強制循環せしめ、管外面には自然対流によって循環される水を接触させることによって行なった。

第 1 表

		内面突起 形状形態	フィン外径 : Df (mm)	フィン高さ : Hf (mm)	最大内径 : Di (mm)	内 面 突 起 形 状		
						高さ (mm)	数 (個/周)	リード角 (°)
比較例	1	なし	19.0	2.8	10.7	—	—	—
	2	連続スパイラル状	19.0	2.8	10.7	0.5	13	15
	3	連続スパイラル状	19.0	2.8	10.7	0.5	8	15
本発明	4	不連続 (第2図)	19.0	2.8	10.7	0.5	5	10
	5	不連続 (第1図)	19.0	2.8	10.7	0.5	4	10

注) 各ミドルフィン管における内面突起の径は、何れも1~3mmとする。

第 2 表

		管内圧力損失 : $\Delta P_w$ (mmHg)		*熱通過率 : K (kcal/m <sup>2</sup> h℃)	
		Gw = 3 l/min	Gw = 7 l/min	Gw = 3 l/min	Gw = 7 l/min
比較例	1	0.23 (1.00)	1.2 (1.00)	140 (1.00)	195 (1.00)
	2	0.60 (2.61)	3.4 (2.83)	135 (0.96)	140 (0.72)
	3	0.55 (2.39)	3.0 (2.50)	150 (1.07)	200 (1.03)
本発明	4	0.42 (1.83)	2.3 (1.92)	162 (1.16)	210 (1.08)
	5	0.32 (1.39)	1.8 (1.50)	168 (1.20)	232 (1.19)

\*管外周面における実表面積を基準とする。

注) 1. Gw : 管内水量

2. ( ) 内数値は、それぞれの測定値において、No.1の伝熱管の測定値を1.0としたときの比を示す。

すなわち、上記第2表および第5図に示されている実験結果から、本発明に従う構造とされた伝熱管にあっては、従来の伝熱管に比して、何れの流速(管内水量)時においても、極めて良好な熱通過率を示し且つその管内圧力損失の増加が効果的に抑制されていることが容易に理解されるところである。

以上、本発明に従う構造とされた伝熱管を、実施例ならびに実験データに基づいて詳細に説明してきたが、本発明は、かかる具体例および実験データによって限定的に解釈されるべきものでは決していない。

例えば、前記実施例において示されている如き伝熱管に対して、その外面フィンに切込みを形成せしめ、外面熱伝達率を高めるようにすることも可能である。

また、前記実験においては、本発明をミドルフィン管に適用したものをを用いたが、本発明は、伝熱管の内周面において設けられる内面突起を、不連続状態で且つ管軸に対するリード角が5°~4

0°となるように配列するようにしたこと、大きな特徴を有しているものであり、その他、例えばローフィン管にも適用され得て、前述の如き優れた効果を良好に達成し得るものであることは、容易に理解されるべきところである。

その他、一々列挙はしないが、本発明は当業者の知識に基づいて種々なる変更、改良、修正等を加えた態様において実施され得るものであり、また、そのような実施態様が、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、何れも本発明の範囲に含まれるものであることは、言うまでもないところである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図はそれぞれ本発明に従う構造とされた伝熱管の具体例を示す一部切欠正面図であり、第3図はかかる伝熱管を製造するのに好適な方法の具体例を示す説明図であり、第4図は第3図に示されている如き製造装置において用いられる鋸歯状ディスクの一例を示す平面図である。また、第5図は伝熱管におけるディンプル数と対

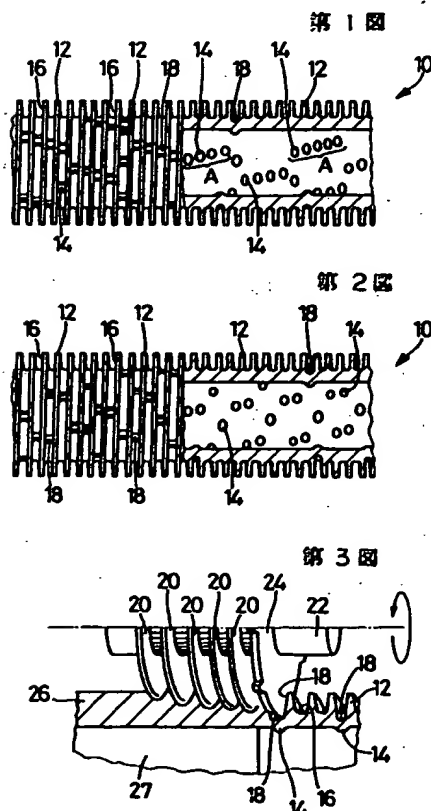
数平均温度差当り交換熱量との関係を示すグラフである。

- |          |           |
|----------|-----------|
| 10: 伝熱管  | 12: 外面フィン |
| 14: 内面突起 | 16: 溝部    |

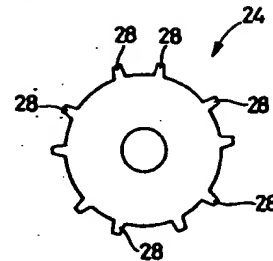
出願人 住友軽金属工業株式会社

代理人 弁理士 中島 三千雄

(ほか2名)

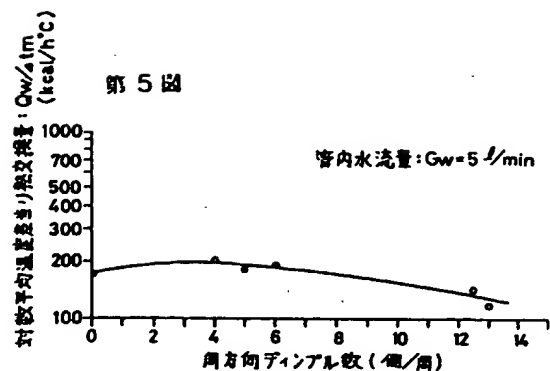


第4図



後図なし

第5図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**